Pneumática

* Revisão Mec Flu

- Pressão em Superfície e Hidrostática
  - P = pressão (N/m^2 ou Pa)
  - F_n = força normal (N)
  - A = área da superfície (m^2)
  - ρ = massa específica (Kg/m^3)
  - g = gravidade (m/s^2)
  - h = altura (m)

$$P = \frac{F_n}{A}$$ Pressão em superfície

$$P = \rho g h$$ Pressão hidrostática

- Vazão volumétrica (Q_v)
  - Q_v = vazão volumétrica (m^3/s)
  - V = volume (m^3)
  - t = tempo (s)

$$Q_v = \frac{V}{t}$$

- Numero de Reynolds
  - Re = número de Reynolds
  - ρ = massa específica (Kg/m^3)
  - V_m = velocidade média (m/s)
  - D = diâmetro interno do tubo (m)
  - μ = viscosidade dinâmica (m^2/s)
  - ν = viscosidade cinemática (m^2/s)

$$Re = \frac{\rho \cdot V_m \cdot D}{\mu} = \frac{V_m \cdot D}{\nu}$$

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

- Energia cinética (E_K)
  - m = massa do fluido (m)
  - V = velocidade do fluido (m/s)
  - E_K = energia cinética (J)

$$E_K = \frac{mV^2}{2}$$

- Energia potencial (E_p)
  - m = massa do corpo (m)
  - g = gravidade (m/s^2)
  - h = altura em relação a um ponto (m)
  - E_p = energia potencial (J)

$$E_p = mgh$$

- Riscos e Segurança
  - Sistemas Hidráulicos
    - Colapso estrutural = falhas no dimensionamento de pressões ou ângulos de atuação podem causar acidentes graves
    - Danos aos operadores = exposição a pressões excessivas e vazamentos de fluidos
    - Dimensionamento adequado = cálculos precisos garantem que o sistema opere dentro dos limites seguro
    - Manutenção regular = inspeção de válvulas, tubulações e reservatórios

- Sistemas pneumáticos

· Altas velocidades · processos pneumáticos podem envolver movimentos de alta velocidade, que podem resultar em lesões graves

· Explosões ou Falhas = falhas no sistema de compressão ou liberação de pressão podem ser catastróficos

· Reguladores de pressão · controle rigoroso da pressão do ar comprimido para garantir operações seguras

· Desaceleradores = equipamentos para controlar a velocidade dos atuadores evitando movimentos excessivamente rápidos

Dimensionamento e Perdas de Carga

- Perdas de Carga .

* Em tubulações

· todo fluido em movimento sofre resistência devido à rugosidade interna da tubulação

· o atrito gera aumento de temperatura no fluido e na tubulação

· parte da pressão é convertida em calor, resultando em perda de carga

· a pressão final será sempre menor do que a gerada pela bomba

▽ a energia de pressão se torna em energia térmica, reduzindo a pressão ao longo do escoamento

▽ em sistemas hidráulicos, as perdas são maiores devido à viscosidade do fluido. Já na pneumática, os vazamentos são a principal causa de perda

▽ os singularidades ou componentes de uma tubulação (como válvulas, cotovelos, curvas, conexões, etc) introduzem obstáculos, ocasionam mudanças no fluxo do fluido o que resulta em mudanças bruscas na velocidade do fluxo, no tipo de fluxo (laminar ou turbulento), além de aumentarem o atrito e causar dissipação de energia

* Dimensionamento da Perda de Carga

- Pressão (P)

- com a pressão do sistema, podemos calcular a área do êmbolo e determinar a força de avanço do atuador

$$P = \frac{F_{avanço}}{A_{anel\ circular}}$$

$$P = \mu \cdot g \cdot h$$

$$A_{anel\ circular} = \frac{\pi (D^2 - d^2)}{4}$$

D = diâmetro do êmbolo
d = diâmetro da haste

$1\ Pa = 1\ N/m^2$
$1\ atm = 101325\ Pa$
$1\ Kgf/cm^2 = 98066{,}5\ Pa$
$1\ Kgf = 1\ N \cdot g = 9{,}80665\ N$
$1\ bar = 14{,}7\ psi$
$1\ Pa = \frac{x\ psi}{0{,}00015}$
$1\ atm = 1\ Kgf/cm^2 = 1\ bar$
$1\ psi = lbf/in^2$
$1\ lb = 0{,}454\ Kg$ $1\ in = 0{,}0254\ m$

Diâmetro do cilindro mm (in)	Diâmetro da haste mm (in)	Relação $(D^2 - d^2)$ mm^2 (pd^2)
38,1 mm (1 1/2")	15,9 mm (5/8")	1198,8 mm^2 (1,86 pd^2)
	25,4 mm (1")	806,45 mm^2 (1,25 pd^2)
50,8 mm (2")	25,4 mm (1")	1935,48 mm^2 (3 pd^2)
	34,9 mm (1 3/8")	1362,63 mm^2 (2,11 pd^2)
63,5 mm (2 1/2")	25,4 mm (1")	3387,09 mm^2 (5,25 pd^2)
	34,9 mm (1 3/8")	2814,24 mm^2 (4,36 pd^2)
	44,5 mm (1 3/4")	2052 mm^2 (3,18 pd^2)
82,6 mm (3 1/4")	34,9 mm (1 3/8")	5604,75 mm^2 (8,69 pd^2)
	44,5 mm (1 3/4")	4842,51 mm^2 (7,51 pd^2)
	50,8 mm (2")	4242,12 mm^2 (6,58 pd^2)
101,6 mm (4")	44,5 mm (1 3/4")	8342,31 mm^2 (12,93 pd^2)
	50,8 mm (2")	7741,92 mm^2 (12 pd^2)
	63,5 mm (2 1/2")	6290,31 mm^2 (9,75 pd^2)

- Vazão (Q)

- a vazão volumétrica é uma medida que representa o volume de fluido que passa por uma seção transversal em um determinado intervalo de tempo

Q = vazão volumétrica (L/s ou m^3/h) $m^3 = 1000 L$

V = volume da tubulação (L ou m^3)

t = tempo (s) $Q = \frac{V}{t} = \frac{\pi R^2 h}{t} = v.A$

v = velocidade do fluido (m/s)

A = área da seção transversal (m^2) $V_{cilindro} = Ab.h = \pi R^2 h$

- Velocidade do fluido (v)

- o dimensionamento de uma tubulação hidráulica para gerar um regime laminar deve seguir recomendações de velocidade que são indicadas por fabricantes

Tubulação	Pressão (bar) 20	50	100	> 200
de pressão	300 cm/s	400 cm/s	500 cm/s	600 cm/s
de retorno	300 cm/s			
de sucção	100 cm/s			

- se a pressão estiver entre os valores da tabela, devemos interpolar a velocidade correspondente.

Diâmetro mínimo da tubulação (dt)

$$dt = \sqrt{\frac{Q}{0{,}015\pi \cdot v}}$$

Q = vazão do sistema (L/min)

v = velocidade recomendada p/ tubulação (cm/s)

dt = diâmetro interno da tubulação (cm)

0,015 = fator de conversão

- ao calcular o diâmetro mínimo da tubulação, devemos ajustá-lo para o valor comercial mais próximo acima do calculado, conforme catálogos

- Perda de carga (ΔP)

  - a perda de carga representa a perda de energia no deslocamento do fluido pelos dutos

$$\Delta P = \psi \cdot \frac{5 \cdot Lt \cdot \rho \cdot v^2}{dt \cdot 10^{10}}$$

ΔP = perda de carga (KgF/cm^2)

ψ = fator de atrito

Lt = comprimento equivalente total ($Ls + Li$)

Li = comprimento da tubulação em linha reta

Ls = comprimento equivalente das singularidades

ρ = massa específica do fluido (KgF/m^3) sendo igual a 881,1 KgF/m^3 para óleo SAE-10

v = velocidade de escoamento do fluido

- Fator de atrito (ψ)

  - o fator de atrito (ψ) depende da temperatura do fluido e da rugosi
interna da tubulação - quanto mais rugoso, maior resistência ao escoam
Para facilitar o cálculo, são adotados os seguintes fatores

Fator de atrito (ψ)	$64/Re$	para tubos rígidos e temperatura constante
	$75/Re$	para tubos rígidos e temperatura variável
	$90/Re$	para tubos flexíveis e temperatura variável

Válvulas de Controle

- Funções

  1. Direcionar o fluxo: permitem que o fluido se mova em diferentes direções dentro do sistema, dependendo da posição da válvula

  2. Bloquear o fluxo: podem interromper completamente o fluxo quando necessário

  3. Permitir múltiplos caminhos: algumas válvulas têm várias vias ou posiçõ para distribuir o fluido para diferentes partes do sistema

  4. Controle de segurança: garantem que o fluxo e a pressão sejam adequadamente distribuídos

- Tipos de Acionamento e Retorno

1. Manual: o operador movimenta a válvula diretamente

botão , pedal

alavanca geral

2. Mecânico: acionamento feito por meio de dispositivos mecânicos

pino gatilho

rolete mola

3. Elétrico: utilizam solenóides para movimentar a válvula

servopito solenoide

3. Pneumático: usam pressão de ar comprimido para acionar a válvula

piloto positivo

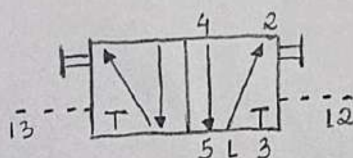
- Posições, vias, estado e conexões

[1 | 2] = com 2 posições T: 1 via

[1 | 2 | 3] = com 3 posições ↑ : 2 vias

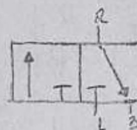
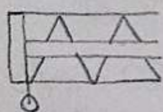
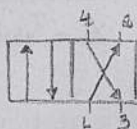
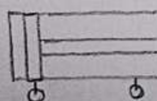
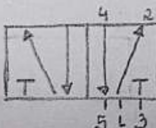
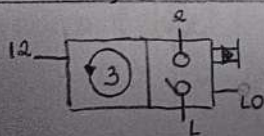
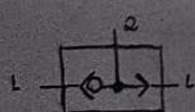
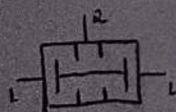
= NF

= NA



Pressão	1
Exaustão	3 e 5
Saída	2 e 4
Pilotagem	10, 12 e 14

- Simbologia

	- Alimentação de energia ↳ associado a compressores ou bombas		Válvula direcional 3/2 vias, NF
	- Atuadores de simples ação ↳ necessitam de pressão para avançarem, mas seu retorno é feito por mola		Válvula direcional 4/2 vias, NA
	- Atuadores de dupla ação ↳ avanço e retorno dependem de pressão		Válvula direcional 5/2 vias, NA
	- Contador mecânico ↳ elemento lógico que libera a pressão de 1 para 2 quando a contagem zera		
	- Válvula "ou" ↳ permite que um equipamento seja acionado de dois lugares diferentes		
	- Válvula "E" ↳ dependem do acionamento simultâneo para ser ativado		

Exemplo perda de carga

$L_1 = 10\ m$

$P = 80\ bar$

$Q = 45\ L/min$

$= 750\ cm^3/s$

$L_s = 3,80\ m$

1. Interpolação da velocidade com base na tabela

$$\frac{80-50}{x-400} = \frac{100-50}{500-400} \Rightarrow 100 \cdot 30 = 50(x-400)$$

$$3000 = 50x - 20000$$

$$x = \frac{23000}{50} = 460\ cm/s$$

2. Encontrar a Área pela Vazão

$$Q = v \cdot A$$

$$45 = 460 \cdot A$$

$$A = \frac{45\ L/min}{460\ cm/s} = \frac{45 \cdot \left(\frac{1000\ cm^3}{60\ s}\right)}{460\ \frac{cm}{s}} = 1,63\ cm^2$$

$1\ cm^3 = 0,001\ L$

$1\ min = 60\ s$

$$\frac{L}{min} \cdot \left(\frac{1000\ cm^3}{L}\right) \cdot \left(\frac{1\ min}{60\ s}\right)$$

$= 16,67$

3. Com a área descobre-se o diâmetro comercial (tabela) e área comercial

$$A = \pi R^2 = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,63}{\pi}}$$

$D = 1,44\ cm$

$D_{comercial} = 1,90\ cm$

$$A_{comercial} = \frac{\pi D_{comercial}^2}{4} = \frac{\pi \cdot 1,90^2}{4}$$

$= 2,84\ cm^2$

4. Agora, com os dados obtidos encontrar a velocidade real do fluido

$$Q = V_{real} \cdot A_{comercial}$$

$$V_{real} = \frac{750\ cm^3/s}{2,84\ cm^2} = 264,08\ cm/s$$

5. Com a velocidade calculada inicialmente, "x", calculamos o diâmetro interno da tubulação (dt)

$$dt = \sqrt{\frac{Q}{0,015 \pi v}} = \sqrt{\frac{45}{0,015\pi \cdot 460}}$$

$dt \approx 1,44\ cm$

$dt = 1,90\ cm$

6. Sabendo que se trata de um tubo flexível e com temperatura variável, encontramos o fator de atrito ψ por

$$\frac{90}{Re} = \psi \qquad \psi = \frac{90}{1768,6} = 0,051$$

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} = \frac{v \cdot D}{\nu} = \frac{264,08 \cdot 1,90}{0,2837} = 1768,6$$

- considerando a viscosidade dinâmica do óleo SAE-10 igual a 0,025 Pa.s

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{0,025}{881,1}$$

$$= 2,837 \cdot 10^{-5}\ m^2/s = 0,2837\ cm^2/s$$

7. Agora calcula a perda de carga total (ΔP)

válvula de controle = 5,5 bar

$$\Delta P = \psi \cdot \frac{5 L_t \cdot \rho \cdot v^2}{d_t \cdot 10^{10}} = \frac{0,051 \cdot 5 \cdot 1380 \cdot 881,1 \cdot 264,08^2}{1,90 \cdot 10^{10}}$$

$L_t = 10 + 3,80 = 13,80\ m$

$$\Delta P = 1,138\ bar$$

$$\Delta P_T = 5,5 + 1,138 = 6,638$$

$$P_{real} = 80 - 6,638 = 73,362\ bar$$